



TITLE:

# Physiological study on the transgenerational timing mechanism in an aphid( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Matsuda, Naoki

---

CITATION:

Matsuda, Naoki. Physiological study on the transgenerational timing mechanism in an aphid. 京都大学, 2020, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2020-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22281>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により本文は2020-08-31に公開

( 続紙 1 )

京都大学	博 士（理 学）	氏名	松田 直樹
論文題目	Physiological study on the transgenerational timing mechanism in an aphid （アブラムシにおける世代を越える測時機構の生理学的研究）		
(論文内容の要旨)			
<p>昆虫をはじめとする多くの動物は内因性の測時機構によって生理・発生・行動的なイベントが起こるタイミングを調節している。概日時計や光周時計などの振動型の機構が多く研究される一方、砂時計型の機構はほとんど注目されていない。その中でもユニークなものが、世代を越えて時間を測る、アブラムシの「季節タイマー」である。アブラムシ科の多くの種では、春から夏にかけて胎生メスが単為生殖を繰り返し、秋の短日に反応してオスと卵生メスが現れて両性生殖を行い、越冬卵を産む。春に孵化する幹母から複数世代の間は、世代を越えて伝わる季節タイマーの働きによって、短日の下に置かれても両性生殖型が産み出されない。</p> <p>エンドウヒゲナガアブラムシは世界に広く分布し、その光周性が多く研究されている。本研究では、札幌で採集された本種の一系統を対象に、季節タイマーがアブラムシの生殖多型のメカニズムや季節的な生活史にどのように影響するかを明らかにすることを目指した。</p> <p>季節タイマーが世代数でなく日数を測ることは、本種においては確認されていない。第1章では、本種の季節タイマーの生理学的性質を調べるため、様々な日長と温度の下で幹母とその子孫を継代飼育した。本種の季節タイマーは幹母の孵化から2～3ヶ月の間、世代数にかかわらず両性生殖型の産出を抑制した。さらに、季節タイマーが測る期間の長さは温度に依存する一方で、日長に依存しなかった。これらの結果は、本種の季節タイマーが幹母からの日数を数え、他種のアブラムシで別々に報告された性質をすべて備えていることを示している。</p> <p>可塑的な生殖多型制御のメカニズムにおいて、季節タイマーがどのように関わるかは不明である。第2章では、季節タイマーが切れる前後の個体をそれぞれ長日または短日の下で飼育した後、これらの頭部のRNAシーケンスを行い、季節タイマーと日長が遺伝子発現に与える影響を網羅的に調べた。季節タイマーが切れた後に短日の下で育った個体は、季節タイマーが切れる前の個体や、切れた後に長日の下で育った個体と大きく異なる遺伝子発現パターンを示した。発現量に変動した遺伝子についてGO解析による機能推定を行ったところ、エピジェネティックな因子であるヒストン修飾を調節する遺伝子が多く含まれていた。表現型多型を示す他の昆虫と同じく、アブラムシの生殖多型にエピジェネティック修飾が関与すると考えられる。また、エピジェ</p>			

ネティック修飾が季節タイマーとして次世代に伝わりながら進行するという考えは合理的である。

季節タイマーの適応的意義は明らかになっていない。春に両性生殖型が現れないのは、短日による両性生殖型の誘導を季節タイマーが無効にするためか、もしくはその時の日長が十分に長いためと考えられる。第3章ではこれらの仮説を検証するため、季節タイマーが切れる前と後の個体を春の自然の日長と温度の下で飼育し、両性生殖型が産み出されるかを調べた。京都では季節タイマーが切れる前の個体が胎生メスのみを産んだ一方、季節タイマーが切れた後の個体が両性生殖型を産んだ。一方、札幌では季節タイマーが切れる前と後のどちらの個体も両性生殖型を産まなかった。これらの結果から、季節タイマーは温暖な春に起こり得る両性生殖型の誘導を防ぐことが明らかになった。

以上の研究により、エンドウヒゲナガアブラムシの季節タイマーは短日によって引き起こされる頭部における遺伝子発現変動の大部分を阻害することで生殖多型を制御することが示された。また、このような季節タイマーのはたらきによって、予期しない高温によって孵化が早まったとしても、春に両性生殖型が産み出されないことが明らかになった。

(論文審査の結果の要旨)

アブラムシの季節タイマーは、時間生物学に残された大きな謎の一つである。現象としては100年近く前に報告されていたが、その生理学的実体や生態的意義は解明されてこなかった。時間生物学分野では、概日時計に代表される振動型の測時機構に研究が集中し、季節タイマーのように砂時計型と言われる繰り返しのない測時機構の研究はほとんどなかった。アブラムシの季節タイマーのとりわけ興味深い点は、この測時機構が世代を超えて駆動することである。本研究は、実験室の一定条件および自然条件下での飼育実験、発現遺伝子の網羅的解析などの方法を使ってこのアブラムシの季節タイマーの生理学的実体や生態的意義の解明を試みたものである。

申請者は、第1章では、実験室の制御環境下でエンドウヒゲナガアブラムシを飼育し、このアブラムシの季節タイマーが、卵から孵化後何世代にもわたって短日に反応して両性生殖を行うという光周性を抑制し、短日でも長日でも単為生殖を継続させることを示した。さらに、季節タイマーの進行は世代数ではなく日数が決めていること、その進行は温度の影響を受けるが光周期に影響は受けないことを明らかにした。これにより、エンドウヒゲナガアブラムシというゲノムまで明らかになっており世界中で研究に使われている種の単一の系統が、これまでさまざまな種で断片的に報告されていた季節タイマーのさまざまな性質をすべてもつことが示された。

第2章では、季節タイマーが光周性を抑制している段階と、タイマーが進行してその抑制が解けた段階のそれぞれを短日と長日においた4条件のアブラムシの頭部から全RNAを抽出して、これら4条件間で網羅的に遺伝子発現を比較した。その結果、単為生殖をする虫を作り出す親と、両性生殖をする虫を作り出す親の間で、大きな遺伝子発現の違いが見られ、そのうち多くのものがヒストン修飾に関連する遺伝子であった。また、季節タイマーが光周性を抑制している段階と、その抑制が解けた段階の虫で異なるものもあり、そのうちの代表的なものにもヒストン修飾に関連する遺伝子があった。これらの結果から、申請者はエピジェネティック修飾がアブラムシの生殖多型に関与すると推察し、季節タイマーの進行それ自体にも関与する可能性を指摘した。

これまで、季節タイマーの生態的な意義として、春の早い時期の短日が非適応的な両性生殖の誘導を阻止しているという仮説が提唱されていたが、実験的に検証した例はなかった。申請者は、第3章において、季節タイマーが光周性を抑制しているアブラムシと、タイマーが進行してその抑制が解けたものを、札幌と京都の春の野外条件において飼育し、季節タイマーのはたらきがなければ実際に春の短日に

よって両性生殖が誘導されるかどうかを調べた。その結果、冷涼な札幌ではどちらのアブラムシも両性生殖をする虫を産出しなかったが、温暖な京都ではタイマーが進行してその抑制が解けたものは春に両性生殖をする虫を産出した。

本研究によってアブラムシの季節タイマーの生理学的諸性質が明らかになり、その分子機構の解明への糸口が得られた。さらに、季節タイマーが野外における生活史に影響することを初めて実証した。申請者の研究は、複雑で扱いにくいためにこれまで長年謎のままに放置されてきた生理機構に対して、巧妙に計画された実験を遂行し、生理機構と生態的意義の両方について有用な知見を提供した点において高く評価できる。その成果は当該研究分野の今後の発展に大きく寄与すると考えられる。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和2年1月14日に論文内容とそれに関連した口頭試問をおこなった結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降